

**INTEGRATED OPTICAL DEVICE AND MANUFACTURE THEREOF****Publication number:** JP7074343**Publication date:** 1995-03-17**Inventor:** TABUCHI HARUHIKO**Applicant:** FUJITSU LTD**Classification:**

**- International:** *H01L21/02; G02B6/42; H01L27/15; H01L31/0232; H01L31/12; H01L33/00; H01S5/00; H01S5/026; G02B6/36; H01L21/02; G02B6/42; H01L27/15; H01L31/0232; H01L31/12; H01L33/00; H01S5/00; G02B6/36; (IPC1-7): H01L27/15; H01L21/02; H01L31/0232; H01L31/12; H01L33/00; H01S3/18*

**- European:** *G02B6/42C3; G02B6/42C3C3; G02B6/42C5P2; G02B6/42C6*

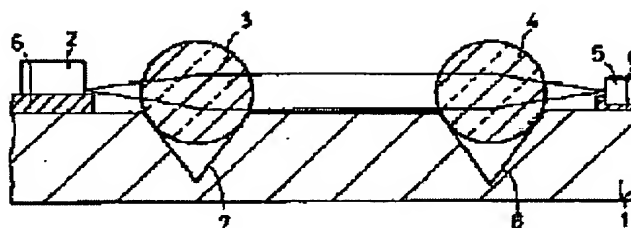
**Application number:** JP19930216633 19930831**Priority number(s):** JP19930216633 19930831**Also published as:**

EP0640853 (A)  
US5611006 (A)  
EP0640853 (B)

**Report a data error he****Abstract of JP7074343**

**PURPOSE:** To prevent a light beam from being eclipsed by the surface of a silicon board by a method wherein the board is of two-layer structure and composed of an upper layer and a lower layer, an optical fiber is positioned by a groove provided to the upper layer, ball lenses are positioned by holes bored in the lower layer, and the surface of the board where a light beam travels is removed by etching.

**CONSTITUTION:** Upper silicon boards 6 are pasted on a lower silicon board 1 where lens guide V-shaped holes 7 and 8 are provided. A laser diode chip 2 is mounted on the upper silicon board 6, and an optical fiber 5 is fitted into an optical fiber guide groove provided to the upper board 6. The surface of the upper board 6 where a laser beam travels is removed by etching. Provided that the upper silicon board 6 is 55μm or so in thickness, the optical axis of a laser beam is extended as high as 65μm or so above the surface of the lower silicon board 1. A laser beam is 100μm or so in diameter, so that it can be prevented from being eclipsed.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

5/7

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-74343

(43) 公開日 平成7年(1995)3月17日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 27/15

21/02

31/0232

識別記号

庁内整理番号

C 8832-4M

H 8832-4M

B

7630-4M

F I

H 0 1 L 31/02

技術表示箇所

C

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平5-216633

(22) 出願日 平成5年(1993)8月31日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72) 発明者 田淵 晴彦

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

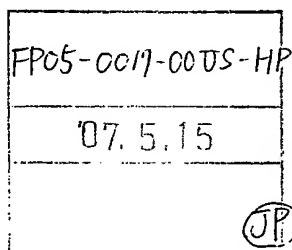
(74) 代理人 弁理士 高橋 敬四郎

(54) 【発明の名称】 集積化光装置及びその製造方法

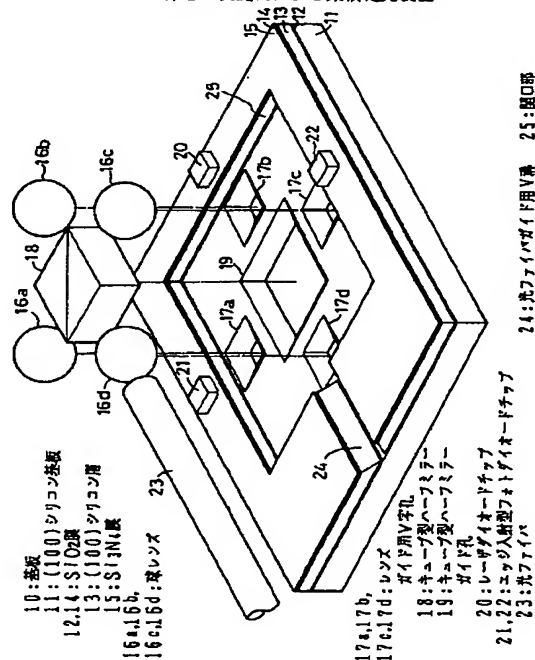
(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 無調整で組立が可能で、かつ光学部品搭載用基板を迅速に加工することができる集積化光装置及びその製造方法を提供する。

【構成】 シリコン基板、誘電体層及びシリコン層を含む基板と、光ファイバを位置決めするための光ファイバガイド用溝と、シリコン基板を露出させる開口部と光ファイバの端面が焦点となるような位置に配置された第1の球レンズと、シリコン基板の表面に形成された第1のレンズガイド用孔と、光ファイバから第1の球レンズよりも離れた位置に配置された第2の球レンズと、第2のレンズガイド用孔と、第2の球レンズのほぼ焦点位置に配置されるように基板の表面に搭載された第1の光半導体部品とを含む。



第1の実施例による集積化光装置



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 シリコン基板（11）、誘電体層（12）及び該誘電体層上に形成されたシリコン層（13）を含む基板（10）と、  
光ファイバ（23）を位置決めするための前記シリコン層（13）に設けられた光ファイバガイド用溝（24）と、

前記光ファイバガイド用溝（24）に連続するようにして、前記シリコン層（13）及び前記誘電体層（12）に形成され、前記シリコン基板（11）を露出させる開口部（25）と、

前記光ファイバガイド用溝（24）に位置決めされる光ファイバ（23）の光軸を延長した主光軸上であって、該光ファイバの端面が焦点となるような位置に配置された第1の球レンズ（16d）と、

前記第1の球レンズ（16d）を位置決めするために、前記開口部（25）の底面に露出した前記シリコン基板（11）の表面に形成された第1のレンズガイド用孔（17d）と、

前記主光軸上であって、前記光ファイバ（23）から前記第1の球レンズ（16d）よりも離れた位置に配置された第2の球レンズ（16b）と、

前記第2の球レンズ（16b）を位置決めするために、前記開口部（25）の底面に露出した前記シリコン基板（11）の表面に形成された第2のレンズガイド用孔（17b）と、

前記光軸上であって、前記第2の球レンズ（16b）のほぼ焦点位置に配置されるように前記基板（10）の表面に搭載された第1の光半導体部品（20）とを含む集積化光装置。

【請求項 2】 さらに、前記第1の球レンズ（16d）と前記第2の球レンズ（16b）との間の前記主光軸上に配置されたキューブ型ハーフミラー（18）と、  
前記キューブ型ハーフミラー（18）を位置決めするために、その開口面の少なくとも一部が前記開口部（25）の底面に現れるように前記シリコン基板の表面に形成されたキューブ型ハーフミラーガイド孔（19）と、  
前記光軸上を伝搬する光の一部が前記キューブ型ハーフミラー（18）によって反射される反射光の光軸上に配置された第3の球レンズ（16a）と、  
前記第3の球レンズ（16a）を位置決めするために、前記開口部（25）の底面に露出した前記シリコン基板（11）の表面に形成された第3のレンズガイド用孔（17a）と、

前記反射光の光軸上であって、前記第3の球レンズ（16a）のほぼ焦点位置に配置されるように前記基板（10）の表面に搭載された第2の光半導体部品（21）とを含む請求項 1 記載の集積化光装置。

【請求項 3】 さらに、前記主光軸上を伝搬する光の一部が前記キューブ型ハーフミラー（18）によって前記

反射光の光軸と反対の方向に反射される他の反射光の光軸上に配置された第4の球レンズ（16c）と、  
前記第4の球レンズ（16c）を位置決めするために、前記開口部（25）の底面に露出した前記シリコン基板（11）の表面に形成された第4のレンズガイド用孔（17c）と、

前記他の反射光の光軸上であって、前記第4の球レンズ（16c）のほぼ焦点位置に配置されるように前記基板（10）の表面に搭載された第3の光半導体部品（22）とを含む請求項 2 記載の集積化光装置。

【請求項 4】 前記キューブ型ハーフミラーガイド孔（19）の側面は、前記シリコン基板（11）の表面に対して垂直であり、少なくとも一組の互いに直交する平面を含む請求項 2 または 3 記載の集積化光装置。

【請求項 5】 前記シリコン基板（11）は、（100）面シリコン基板であり、前記キューブ型ハーフミラーガイド孔（19）の側面は、シリコン基板の {111} 面により構成されている請求項 2 または 3 記載の集積化光装置。

【請求項 6】 前記シリコン層（13）は、（100）面シリコン層であり、前記光ファイバガイド用溝（24）の側面は、シリコン層の {111} 面によって構成されている請求項 1～5 のいずれかに記載の集積化光装置。

【請求項 7】 前記開口部（25）の側面は、シリコン層の {111} 面によって構成されている請求項 1～6 のいずれかに記載の集積化光装置。

【請求項 8】 前記開口部（25）の側面は、前記シリコン層（13）の表面に対して垂直である請求項 1～6 のいずれかに記載の集積化光装置。

【請求項 9】 前記開口部（25）は、球レンズを配置するための少なくとも 1 個以上の球レンズ用開口部（25a～25d、25f）と、  
キューブ型ハーフミラー（18）を配置するためのハーフミラー用開口部（25e）と、  
前記球レンズ用開口部と前記ハーフミラー用開口部とを連結するように、光軸に沿って形成された光ビーム通過溝（42a～42d）とを含んで構成されており、  
前記ハーフミラー用開口部の側面は、前記シリコン層表面に対して垂直であり、少なくとも一組の互いに直交する平面を含む請求項 2 または 3 記載の集積化光装置。

【請求項 10】 前記ハーフミラー用開口部（25e）は、前記キューブ型ハーフミラーガイド孔（19）の底面よりも小さい請求項 9 記載の集積化光装置。

【請求項 11】 前記ハーフミラー用開口部（25e）は、前記キューブ型ハーフミラーガイド孔（19）の底面よりも大きく、かつ、前記キューブ型ハーフミラー（18）は、前記キューブ型ハーフミラーガイド孔（19）に挿入するための、前記キューブ型ハーフミラーガイド孔（19）の底面よりも小さい断面を有するハーフ

ミラー下部と、前記ハーフミラー用開口部（25e）の側面に接触して位置決めするために少なくとも一組の互いに直交する側面を有するハーフミラー上部とを含んで構成されている請求項9記載の集積化光装置。

【請求項12】 前記球レンズ用開口部（25a～25d、25f）の側面は、前記シリコン層の表面に対して垂直である請求項9～11のいずれかに記載の集積化光装置。

【請求項13】 さらに、前記光軸上に配置された光アイソレータ（26）と、  
前記光アイソレータを位置決めするための、前記基板（10）表面に形成された光アイソレータガイド用溝（27）とを含む請求項1～12のいずれかに記載の集積化光装置。

【請求項14】 前記光アイソレータの入射面及び出射面の法線方向が前記シリコン基板表面と平行になり、かつ、光軸に対して所定の角度傾いて配置されている請求項13記載の集積化光装置。

【請求項15】 前記シリコン層は、（110）面シリコン層であり、  
前記開口部（25）及び前記光ファイバガイド用溝（24）の側面はシリコン層の（111）面であり、  
前記光軸上に、光軸に対して所定の角度傾いて配置されている平行平板光学部材（67）と、  
前記平行平板光学部材を位置決めするために、前記基板（10）表面に形成された平行平板用ガイド溝（68）とを含む請求項1～3のいずれかに記載の集積化光装置。

【請求項16】 シリコン基板（11）の表面を選択的にエッチングして光学部品を位置決めするためのガイド孔（17a～17d、19）を形成するためのガイド孔形成工程と、  
表面に誘電体膜（12）が形成された他のシリコン基板を、該誘電体膜が形成された面と前記シリコン基板のガイド孔が形成された面が向かい合うように貼り合わせる貼り合わせ工程と、  
前記他のシリコン基板を所定の厚さになるまで前記誘電体膜が形成されていない面から薄くする工程と、  
前記他のシリコン基板の、前記ガイド孔によって位置決めされる光学部品が実装される部分に、開口部を形成して前記ガイド孔を露出させる開口部形成工程と、  
光ビームが通過する部分を取り除いて光ビーム通過溝を形成する光ビーム通過溝形成工程と、  
光ファイバ（23）を位置決めするための光ファイバガイド用溝を形成する光ファイバガイド用溝形成工程とを含む集積化光装置の製造方法。

【請求項17】 前記開口部形成工程、光ビーム通過溝形成工程、及び光ファイバガイド用溝形成工程は、前記他のシリコン基板及び前記誘電体膜をエッチングすることにより同時に加工されることを特徴とする請求項16

記載の集積化光装置の製造方法。

【請求項18】 前記他のシリコン基板は、（100）面シリコン基板であり、前記前記開口部形成工程、光ビーム通過溝形成工程、及び光ファイバガイド用溝形成工程は、マスクに開口を形成し、異方性エッチング液によって前記他のシリコン基板をエッチングする工程である請求項17記載の集積化光装置の製造方法。

【請求項19】 前記シリコン基板は、（100）面シリコン基板であり、前記ガイド孔形成工程は、マスクに開口を形成し、異方性エッチングによって、前記シリコン基板エッチングする工程である請求項16～18のいずれかに記載の集積化光装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、集積化光装置に関し、特に、レーザダイオード、光アイソレータ、フォトダイオード等の光学部品と光ファイバを一枚の基板上に集積するハイブリッド型集積化光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 図19は、従来の光通信用の送受信装置を示す。レーザダイオードチップ103が、ヒートシンク102を介してサブキャリア101に固定され、レンズ105、108がそれぞれレンズホルダ104、107に固定され、光ファイバ110が光ファイバホルダ111に固定されている。

【0003】 レーザダイオードチップ103から放出されたレーザ光は、レンズ105により平行光にされ、光アイソレータ等の光学部品106を通過し、レンズ108により集束され、光ファイバ110に導かれる。

【0004】 光軸を調整するときは、サブキャリア101、レンズホルダ104、107、光学部品106及び光ファイバホルダ111の全てを微動装置に搭載して光軸調整を行う。

【0005】 このとき、レーザダイオードチップ103から放出されたレーザ光を光ファイバ110に入射し、光ファイバ110の他端から出力されるレーザ光の強度を測定しながら行う。光軸調整が終了すると、例えばレーザ溶接等により各ホルダやキャリアを基板100に固定する。

【0006】 この方法では、精密な位置合わせを行うための微動装置を具備した組立装置が必要となる。さらに、光軸調整に時間を必要とするため、光装置が高価になるという欠点がある。

【0007】 また、組立装置に部品を固定するため、部品を微小化することが困難であり、光装置の小型化が困難となる。さらに、光装置の構造が変更されるたびに組立装置の構造を変更する必要があり、少量多品種生産に適さない。

【0008】 図20は、上記のような欠点を改善するために提案されている集積化光装置の構造を示す（199

2年電子情報通信学会秋期大会講演論文集4-235ページ)。

【0009】単結晶シリコン基板120上にレンズガイド孔127、128を形成し、それぞれのレンズガイド孔にレンズ121、124をはめ込んでレンズを位置決めするものである。レンズガイド孔には、(100)シリコン基板を異方性エッチングしたときに現れる(111)面によって囲まれた逆四角錐状の孔を利用することができる。

【0010】また、基板120表面によるレーザ光のケラレを防止するため、光軸に沿って基板120表面にレーザ光通過溝129、130、131等が形成されている。レーザ光通過溝は、光アシストエッチングにより形成される。

【0011】光アシストエッチングとは、YAGレーザ、アルゴンレーザ、またはエキシマレーザ等の高出力のレーザ光を基板表面に照射し、照射した部分のみを選択的にエッチングする方法である。この方法により、基板表面上で光軸に沿ってレーザ光を走査し、レーザ光通過溝を形成することができる。

【0012】また、シリコン基板120表面には、フィルタ型プリズムを位置決めするための孔も形成されており、フィルタ型プリズム126を該孔にはめ込むことにより、容易に位置決めして固定することができる。

【0013】レーザダイオードチップ122から放出されたレーザ光は、レンズ121により平行光にされ、レーザ光通過溝129を経由してプリズム126に導かれる。プリズム126を通過したレーザ光はレーザ光通過溝131を通過して外部へ電送される。

【0014】また、外部から入射した光は、プリズム126によって反射され、レーザ光通過溝130を経由してレンズ124に入射する。レンズ124は、入射した光をフォトダイオード125の受光部に集束する。

【0015】このように、シリコンの異方性エッチング等を使用してレンズガイド孔等を形成し、レンズ等を位置決めすることにより、複雑な光軸調整を不要にすることができる。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】図20に示す従来例においては、レーザ光通過溝を形成するために、前述の光アシストエッチングにより基板表面をエッチングする。そのため、基板表面のエッチングすべき部分をレーザ光等で走査する必要がある。

【0017】しかし、走査速度を速くすることは困難であり、さらに、所望の深さ、例えば図20に示す例では約50μmの溝を得るためには、複数回走査する必要がある。このため、基板の製造に長時間を要する。

【0018】本発明の目的は、無調整で組立が可能で、かつ光学部品搭載用基板を迅速に加工することができる集積化光装置及びその製造方法を提供することである。

【0019】

【課題を解決するための手段】以下、単なる例示として図面中の参照番号を示しつつ、本発明の概要を説明する。

【0020】本発明の集積化光装置は、シリコン基板(11)、誘電体層(12)及び該誘電体層上に形成されたシリコン層(13)を含む基板(10)と、光ファイバ(23)を位置決めするための前記シリコン層(13)に設けられた光ファイバガイド用溝(24)と、前記光ファイバガイド用溝(24)に連続するようにして、前記シリコン層(13)及び前記誘電体層(12)に形成され、前記シリコン基板(11)を露出させる開口部(25)と、前記光ファイバガイド用溝(24)に位置決めされる光ファイバ(23)の光軸を延長した主光軸上であって、該光ファイバの端面が焦点となるような位置に配置された第1の球レンズ(16d)と、前記第1の球レンズ(16d)を位置決めするために、前記開口部(25)の底面に露出した前記シリコン基板(11)の表面に形成された第1のレンズガイド用孔(17d)と、前記主光軸上であって、前記光ファイバ(23)から前記第1の球レンズ(16d)よりも離れた位置に配置された第2の球レンズ(16b)と、前記第2の球レンズ(16b)を位置決めするために、前記開口部(25)の底面に露出した前記シリコン基板(11)の表面に形成された第2のレンズガイド用孔(17b)と、前記主光軸上であって、前記第2の球レンズ(16b)のほぼ焦点位置に配置されるように前記基板(10)の表面に搭載された第1の光半導体部品(20)とを含む。

【0021】また、前記第1の球レンズ(16d)と前記第2の球レンズ(16b)との間の前記主光軸上に配置されたキューブ型ハーフミラー(18)と、前記キューブ型ハーフミラー(18)を位置決めするために、その開口面の少なくとも一部が前記開口部(25)の底面に現れるように前記シリコン基板の表面に形成されたキューブ型ハーフミラーガイド孔(19)と、前記光軸上を伝搬する光の一部が前記キューブ型ハーフミラー(18)によって反射される反射光の光軸上に配置された第3の球レンズ(16a)と、前記第3の球レンズ(16a)を位置決めするために、前記開口部(25)の底面に露出した前記シリコン基板(11)の表面に形成された第3のレンズガイド用孔(17a)と、前記反射光の光軸上であって、前記第3の球レンズ(16a)のほぼ焦点位置に配置されるように前記基板(10)の表面に搭載された第2の光半導体部品(21)とを含んでもよい。

【0022】また、前記主光軸上を伝搬する光の一部が前記キューブ型ハーフミラー(18)によって前記反射光の光軸と反対の方向に反射される他の反射光の光軸上に配置された第4の球レンズ(16c)と、前記第4の

球レンズ（１６ｃ）を位置決めするために、前記開口部（２５）の底面に露出した前記シリコン基板（１１）の表面に形成された第４のレンズガイド用孔（１７ｃ）と、前記他の反射光の光軸上であって、前記第４の球レンズ（１６ｃ）のほぼ焦点位置に配置されるように前記基板（１０）の表面に搭載された第３の光半導体部品（２２）とを含んでもよい。

【００２３】また、前記光軸上に配置された光アイソレータ（２６）と、前記光アイソレータを位置決めするための、前記基板（１０）表面に形成された光アイソレータガイド用溝（２７）とを含んでもよい。

【００２４】この場合、前記光アイソレータの入射面及び出射面の法線方向が前記シリコン基板表面と平行になるように、光軸と所定の角度傾いて配置されることが好ましい。

【００２５】本発明の集積化光装置の製造方法は、シリコン基板（１１）の表面を選択的にエッチングして光学部品を位置決めするためのガイド孔（１７ａ～１７ｄ、１９）を形成するためのガイド孔形成工程と、表面に誘電体膜（１２）が形成された他のシリコン基板を、該誘電体膜が形成された面と前記シリコン基板のガイド孔が形成された面が向かい合うように貼り合わせる貼り合わせ工程と、前記他のシリコン基板を所定の厚さになるまで前記誘電体膜が形成されていない面から薄くする工程と、前記他のシリコン基板の、前記ガイド孔によって位置決めされる光学部品が実装される部分に、開口部を形成して前記ガイド孔を露出させる開口部形成工程と、光ビームが通過する部分を取り除いて光ビーム通過溝を形成する光ビーム通過溝形成工程と、光ファイバ（２３）を位置決めするための光ファイバガイド用溝を形成する光ファイバガイド用溝形成工程とを含む。

【００２６】また、前記開口部形成工程、光ビーム通過溝形成工程、及び光ファイバガイド用溝形成工程は、前記他のシリコン基板及び前記誘電体膜をエッチングすることにより同時に加工してもよい。

【００２７】

【作用】光学部品を搭載する基板を２層構造にし、光半導体部品を上部の層上に配置し、光ファイバを上部の層に形成された溝によって位置決めし、球レンズ、ハーフミラー等を下部の層に形成された孔によって位置決めし、上部の層の光ビームが通過する部分をエッチングにより除去することにより、シリコン基板表面による光ビームのケラレを防止することができる。

【００２８】このように、エッチングにより、一括して光ビーム通過溝を形成することができるため、製造時間が延びることがない。球レンズが搭載される上部の層の開口部の側面を基板表面に対して垂直にすることにより、上部の層によって固定される他の光学部品と球レンズとの距離を短くすることができる。このため、ＮＡの大きい球レンズを使用することが可能になり、光結合効

率を向上することができる。

【００２９】さらに、上部の層に、側面が基板表面に対して垂直となる開口部を設け、キューブ型ハーフミラー等の垂直な側面を有する光学部品を該開口部側面に押し当てることにより、高精度に位置決めすることができる。

【００３０】球レンズにより平行光にされた光ビーム通過位置に光アイソレータ等の光学部品を配置することができる。このため、例えば、レーザダイオードの動作の安定性向上等の効果を得ることができる。

【００３１】さらに、光アイソレータを光軸に対して斜めに配置することにより、光アイソレータ自体による反射光を低減することができる。

【００３２】

【実施例】図１を参照して本発明の基本的考え方について説明する。図１（Ａ）は、従来例による光装置の光軸部分の概略を示す。

【００３３】シリコン基板１上にレーザダイオードチップ２が搭載され、放出されたレーザ光は、球レンズ３によって平行（コリメート）光にされる。平行光にされたレーザ光は球レンズ４によって集束され、図には示さない光ファイバに導かれる。球レンズ３、４は、それぞれシリコン基板１上に形成されたレンズガイド用Ｖ字孔７、８にはめ込まれ、位置決めされている。

【００３４】このとき、一般的には、レーザダイオードチップ２の活性層の高さはシリコン基板１表面から約１０μｍ程度であり、またコリメートされたレーザ光のビーム径は１００μｍ程度である。従って、レーザ光のビーム径のうち、一部分はシリコン基板１によって遮蔽され、光ファイバに到達できない。いわゆる、ケラレが生じる。

【００３５】このケラレを防止するためには、シリコン基板１表面のレーザ光が通過する部分を削る必要がある。この表面落としを球レンズガイド用Ｖ字孔形成と同時にエッチングで行おうとするとＶ字孔の形状が乱されて精度が保てなくなる。このため、光アシストエッチング等の他の工程によって行う必要が生じる。

【００３６】図１（Ｂ）は、本発明の一実施例による光装置の光軸部分の概略を示す。従来例と異なる点は、レンズガイド用Ｖ字孔７、８が形成された下シリコン基板１上に他のシリコン基板６が貼り合わせてあり、レーザダイオードチップ２が上シリコン基板６上に搭載され、光ファイバ５が上シリコン基板６上に形成された光ファイバガイド用溝にはめ込まれている点である。また、レーザ光が通過する部分は、上シリコン基板６がエッチングにより取り除かれている。

【００３７】上シリコン基板６の厚さを約５５μｍにすれば、レーザ光の光軸は下シリコン基板１表面から約６５μｍの高さになる。レーザ光のビーム径は、上述のように約１００μｍ程度であるため、図１（Ｂ）のような

構成にすることにより、ケラレを防止することができる。

【0038】図2、図3は、本発明の第1の実施例による集積化光装置を示す。(100)シリコン基板11上に、 $\text{SiO}_2$ 膜12、(100)シリコン層13、 $\text{SiO}_2$ 膜14及び $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜15が積層された層構造を有する基板10上に各光学部品が実装されている。

【0039】 $\text{SiO}_2$ 膜12、(100)シリコン層13、 $\text{SiO}_2$ 膜14、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜15に、開口部25が設けられ、開口部25の底面にシリコン基板11が露出している。

【0040】開口部25の周辺部近傍の $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜15上に、レーザダイオードチップ20がフリップチップボンディングにより搭載されている。レーザダイオードチップ20から放出されたレーザ光は、球レンズ16bにより平行光にされる。

【0041】その光軸上にキューブ型ハーフミラー18、球レンズ16d及び光ファイバ23が配置されている。キューブ型ハーフミラー18を透過したレーザ光は、球レンズ16dにより集束され光ファイバ23のコア部に導かれる。

【0042】ここで、球レンズ16b、16d及びキューブ型ハーフミラー18は、それぞれ開口部25の底面に露出したシリコン基板11上に形成されたレンズガイド用V字孔17b、17d及びキューブ型ハーフミラーガイド孔19によって位置決めされている。これらのガイド孔は、側面に{111}面、底面に(100)面が現れた台形状の孔であり、異方性エッチングにより形成されたものである。

【0043】球レンズ16b、16dは、それぞれレンズガイド用V字孔17b、17dの側面により4点で支えられ位置決めされる。また、キューブ型ハーフミラー18は、キューブ型ハーフミラーガイド孔19の底面と同一形状で同一の大きさとし、その底面をキューブ型ハーフミラーガイド孔19の底面に密着させることにより位置決めされる。

【0044】光ファイバ23は、開口部25の側面から、光軸に沿って $\text{SiO}_2$ 膜12、(100)シリコン層13、 $\text{SiO}_2$ 膜14及び $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜15に設けられた光ファイバガイド用V溝24により位置決めされる。

【0045】このV溝24は、側面に{111}面、底面にはシリコン基板11の表面が現れた断面が台形状の溝であり、(100)シリコン層13を異方性エッチングすることにより形成される。

【0046】レーザダイオードチップ20から放出されたレーザ光がキューブ型ハーフミラー18によって反射されたレーザ光の光軸上には、球レンズ16aが配置されている。

【0047】レーザ光は、球レンズ16aにより集束さ

れ、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜15上にフリップチップボンディングされたエッジ入射型フォトダイオードチップ21の受光部に導かれる。

【0048】光ファイバ23から図中右上方向に出力された光は、球レンズ16dにより平行光にされ、キューブ型ハーフミラー18により球レンズ16aと反対方向に反射される。

【0049】この反射光の光軸上には、球レンズ16cが配置されており、レーザ光は球レンズ16cによって集束され、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜15上にフリップチップボンディングされたエッジ入射型フォトダイオードチップ22の受光部に導かれる。

【0050】球レンズ16a、16cは、それぞれ球レンズ16b、16dと同様に開口部25の底面に露出したシリコン基板11上に形成されたレンズガイド用V字孔17a、17cによって位置決めされている。

【0051】図3(A)は、図2に示す集積化光装置の光ファイバ23及びレーザダイオードチップ20の光軸を含む面で切断した断面を示す。図3(B)は、光ファイバ23を光軸に対して垂直な面で切断した断面を示す。光軸の高さは、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜15の表面から10 $\mu\text{m}$ である。これは、レーザダイオードチップ20及びエッジ入射型フォトダイオードチップ21、22をフリップチップボンディングした際の活性部の中心の高さである。

【0052】第1の実施例において球レンズ16a~16dの直径は0.8mm、レンズで平行光にされた光ビームのビーム径は約0.1mm、対向する球レンズ間の光路長は4mm、キューブ型ハーフミラー18の一边の長さは2mm、 $\text{SiO}_2$ 膜12の厚さは2 $\mu\text{m}$ 、シリコン層13の厚さは55 $\mu\text{m}$ 、 $\text{SiO}_2$ 膜14及び $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜15の厚さはともに0.3 $\mu\text{m}$ 、レンズガイド用V字孔17a~17bの間口の一边の長さは885 $\mu\text{m}$ 、キューブ型ハーフミラーガイド孔19の間口の一边の長さは2440 $\mu\text{m}$ 、光ファイバガイド用V溝24の間口の幅は139 $\mu\text{m}$ 、シリコン基板11の厚さは600 $\mu\text{m}$ 、基板10のサイズは10mm×15mm×0.66mmである。

【0053】光ファイバガイド用V溝24の間口を139 $\mu\text{m}$ にすることにより、直径125 $\mu\text{m}$ の光ファイバをはめ込んだとき、そのコアの $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜15表面からの高さは10 $\mu\text{m}$ となる。従って、光ファイバ23のコアの高さをレーザダイオードチップ20の活性層の高さと一致させることができる。

【0054】次に、第1の実施例による集積化光装置の機能について説明する。図4は、第1の実施例による集積化光装置の光学的構成部分のみを抜き出して図示したものである。

【0055】まず、光受信機能について説明する。光ファイバ23から出射した光は、球レンズ16dを通過し



て平行光になり、その一部はキューブ型ハーフミラー 18 で反射された後、球レンズ 16 c で集束されてエッジ入射型フォトダイオードチップ 22 に入射する。光ファイバ 23 から出射した光のパワーの一部はレーザダイオードチップ 20 にも達するが、この光は利用されない。

【0056】次に、光送信機能について説明する。レーザダイオードチップ 20 から放出されたレーザ光は、球レンズ 16 b を通過して平行光になり、キューブ型ハーフミラー 18 によって 2 本の光ビームに分割される。キューブ型ハーフミラー 18 を透過し直進する光ビームは、球レンズ 16 d で集束され、光ファイバ 23 に入射する。

【0057】キューブ型ハーフミラー 18 で反射された光ビームは、球レンズ 16 a で集束されてエッジ入射型フォトダイオードチップ 21 に入射する。エッジ入射型フォトダイオードチップ 21 に入射したレーザ光は、レーザダイオードチップ 20 の光出力安定化のための制御に使用される。

【0058】図 5 は、第 1 の実施例の変形例 1 による集積化光装置を示す。図 5 に示す集積化光装置は、図 2、図 3 に示す集積化光装置の球レンズ 16 b とキューブ型ハーフミラー 18 との間隔を広げ、その間に光アイソレータ 26 を配置したものである。光アイソレータ 26 は、ダイシングソーで形成された光アイソレータガイド溝 27 にはめ込まれ、位置決めされている。

【0059】光アイソレータ 26 としては、厚さ約 2 mm 程度の薄型光アイソレータを使用することができる。薄型光アイソレータの構造及び製造方法は、例えば 1991 年電子情報通信学会秋期大会講演論文集 4-177 ページ等で公知のものである。

【0060】このような構成にすることにより、光ファイバ 23 から出射された光がレーザダイオードチップ 20 へ入射することを防止することができ、戻り光によりレーザダイオードチップ 20 の動作が不安定になることを防止することができる。

【0061】図 6 は、第 1 の実施例の変形例 2 による集積化光装置を示す。図 5 に示す第 1 の実施例の変形例 1 による集積化光装置の  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜 15 上にボンディングパッド 34、35、36、37 を形成し、それぞれのボンディングパッドにレーザダイオード駆動用 IC 30、レーザパワーモニタ用プリアンプ IC 31、光受信用プリアンプ IC 32 及びパワーコントロール用 IC 33 がフリップチップボンディングされている。

【0062】レーザパワーモニタ用プリアンプ IC 31 の出力を  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜 15 上に形成された配線 38 を介してパワーコントロール用 IC 33 に入力し、さらに  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜 15 上の配線 39 を介してレーザダイオード駆動用 IC 30 を制御することができる。

【0063】また、光受信用プリアンプ IC 32 を同一基板上に実装することができるため、実装効率を向上す

ることができる。さらに、キューブ型ハーフミラー 18 を、波長 1.5  $\mu\text{m}$  の光を反射し、波長 1.3  $\mu\text{m}$  の光を通過させる WDM ミラーにすると、1.3  $\mu\text{m}$  と 1.5  $\mu\text{m}$  の 2 波長の光による双方向送受信装置を構成することができる。

【0064】次に、図 7、図 8 を参照して第 1 の実施例による集積化光装置の製造方法について説明する。(100) シリコン基板表面を  $\text{SiO}_2$  膜でマスクし、レンズガイド用 V 字孔 17 a ~ 17 d、キューブ型ハーフミラーガイド孔 19 を形成する部分にフォトリソグラフィにより開口を設ける。

【0065】水酸化カリウム (KOH) 水溶液を使用して (100) シリコン基板 11 をウェットエッチングし、レンズガイド用 V 字孔 17 a ~ 17 d、キューブ型ハーフミラーガイド孔 19 を形成する (図 7 (A))。

【0066】KOH 水溶液は、シリコンの {111} 面をほとんどエッチングしないので、各孔の側面には、{111} 面が現れる。ここで、レンズガイド用 V 字孔 17 a ~ 17 b は、図 7 (A) に示す断面内にないため、図示されていない。

【0067】レンズガイド用 V 字孔 17 a ~ 17 b を、断面が V 字状になるまでエッチングしてもよいが、本実施例においては、必要な深さは 333  $\mu\text{m}$  であるため、逆台形状の孔とした。各孔のエッチング後、マスクとして使用した  $\text{SiO}_2$  膜は除去する。

【0068】表面に厚さ 2  $\mu\text{m}$  の  $\text{SiO}_2$  膜 12 が形成された (100) シリコン基板 13 を、 $\text{SiO}_2$  膜 12 が形成された面がシリコン基板 11 のレンズガイド用 V 字孔等を形成した面と向かい合うようにして貼り合わせる (図 7 (B))。この際、シリコン基板を 800  $^{\circ}\text{C}$  以上に加熱して 2 枚の基板を分子レベルで結合させる。

【0069】シリコン基板 13 を研磨し、厚さ 55  $\mu\text{m}$  のシリコン層 13 を残す (図 7 (C))。次に熱酸化により、シリコン層 13 表面に厚さ 0.3  $\mu\text{m}$  の  $\text{SiO}_2$  膜 14 を形成し、さらに、熱 CVD 法により、 $\text{SiO}_2$  膜 14 上に厚さ 0.3  $\mu\text{m}$  の  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜 15 を形成する (図 7 (D))。

【0070】次に、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜 15 と  $\text{SiO}_2$  膜 14 に、開口部 25 及び光ファイバガイド用 V 溝 24 を形成するための開口 40、41 を設ける (図 7 (E))。ここで、図 7 (E) は、基板の平面図である。

【0071】次に、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜 15 と  $\text{SiO}_2$  膜 14 をマスクにして、KOH 水溶液でウェットエッチングを行い、開口部 25 及び光ファイバガイド用 V 溝 24 を形成する。

【0072】さらに、弗酸と弗化アンモニウムの混合液を使用して露出した  $\text{SiO}_2$  膜 12 を除去する (図 7 (F))。このようにして、位置決め用のレンズガイド用 V 字孔 17 a ~ 17 b、キューブ型ハーフミラーガイド孔 19 及び光ファイバガイド用 V 溝 24 を形成した基



板を作製することができる。

【0073】次に真空蒸着とフォトリソグラフィを用いてSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜15の表面にレーザダイオードチップ20、エッジ入射型フォトダイオードチップ21、22をボンディングするためのボンディングパッドを形成する(図示せず)。

【0074】ボンディングパッドにレーザダイオードチップ20、フォトダイオードチップ21、22をフリップチップボンディングし、球レンズ16a~16d、キューブ型ハーフミラー18及び光ファイバ23を、それぞれレンズガイド用V字孔17a~17b、キューブ型ハーフミラーガイド孔19及び光ファイバガイド用V溝24にはめ込む(図8(A))。

【0075】図8(B)は、開口部25と光ファイバガイド用V溝24との接続部を示す。開口部25と光ファイバガイド用V溝24のマスクは、図8(B)の点線で示すように直角に交差しているが、KOH水溶液でシリコンをエッチングするとマスクの凸状の部分がアンダーエッチされ、{331}面が現れる。

【0076】このため、実際に形成される開口部25と光ファイバガイド用V溝24との接続部の開口面は直角に交差せず、図8(B)の実線で示すように丸みを帯びた形状となる。

【0077】開口部25の開口面の境界から、光ファイバガイド用V溝24に沿ってアンダーエッチが生じた部分の長さLは、約150μmであり、光ファイバの位置決めには支障ない。

【0078】上記第1の実施例では、開口部25の内部を光ビームが通過するため、光ビームの直径を100μmにした場合でも、シリコン基板の表面でケラレを生ずることがない。

【0079】また、開口部25は、フォトリソグラフィとウェットエッチングで形成されるため、ウエハ単位で一括して迅速に加工することができる。従って、従来例の光アシストエッチングを使用する場合に比べて加工時間を短縮することが可能になる。

【0080】また、球レンズやハーフミラーを位置決めするためのガイド孔16a~16d、19と光ファイバを位置決めするためのV溝24とをそれぞれ別の工程で独立に形成することができる。このため、ガイド孔及びV溝の形状の精度が向上するという効果がある。特に、V溝24の精度が向上する。これは、以下の理由による。

【0081】レンズ等を位置決めするためのガイド孔16a~16dは、V溝24に比較して深い孔であるためエッチング時間が長くなる。例えば、図20に示すような従来の構造を使用すると、ガイド孔16a~16dとV溝24とを同時にエッチングする必要がある。従って、V溝24が形成された後もガイド孔16a~16dが必要な深さになるまでエッチング液にさらされること

になる。

【0082】このため、シリコンがオーバエッチングされ、V溝の幅が広がる。所望の幅のV溝を得るためには、オーバエッチング量を見込んでマスクの幅を設定する必要がある。しかし、エッチング液の温度や濃度の影響でエッチング速度にずれが生じた場合は、V溝の幅の精度が低下する。

【0083】第1の実施例では、V溝24の必要な深さは約55μmであるため、サイドエッチングが少なくなり、V溝幅の精度を向上することができる。なお、ガイド孔16a~16dに必要な深さも、図20に示す従来例よりも浅くてよいので、これらのガイド孔の精度も向上することが可能になる。

【0084】次に図9を参照して本発明の第2の実施例について説明する。図9(A)は、第2の実施例による集積化光装置の平面図である。図2に示す第1の実施例による集積化光装置と同一の構成部分には同一の符号を付してある。第1の実施例による集積化光装置とは、シリコン層13に形成された開口部25の形状が異なる。

【0085】レンズガイド用V字孔17a~17b、及びキューブ型ハーフミラーガイド孔19は、第1の実施例と同様にシリコン基板11上に形成されている。シリコン層13には、光ファイバガイド用V溝24、及びそれぞれの底面が、レンズガイド用V字孔17a~17b、キューブ型ハーフミラーガイド孔19の開口面よりもやや大きくなるように開口部25a~25d、及び25eが形成されている。

【0086】球レンズを配置するための開口部25a~25dとキューブ型ハーフミラーを配置するための開口部25eとの間には、それぞれ光ビーム通過溝42a~42dが形成されている。

【0087】開口部25a~25e、光ビーム通過溝42a~42d及び光ファイバガイド用V溝24は、シリコン層13を同時にエッチングすることによって形成される。

【0088】図9(B)は、開口部25a~25e、光ビーム通過溝42a~42d及び光ファイバガイド用V溝24の接続部の拡大図である。各接続部においては、前述のようにシリコン層13のアンダーエッチングが生じる。ただし、これら接続部は光学部品の位置決めとは無関係であり、機能的に何ら支障はない。

【0089】図9(C)は、光ビーム通過溝42a~42dの長さが短い場合のアンダーエッチングの様子を示す。光ビーム通過溝が短いため、開口部25eからのアンダーエッチングと開口部25dからのアンダーエッチングが光ビーム通過溝の中央部で合体し、当初のマスクの直線部分(図の点線で示す部分)が消滅している。ただし、この場合にも、機能的には何ら支障はない。

【0090】上記第2の実施例においても、第1の実施例と同様の効果を得ることができる。図10は、本発明

の第3の実施例による集積化光装置を示す。基板10は、第1の実施例に使用したシリコン基板11とシリコン層13とを貼り合わせたものと同様のものである。

【0091】レーザダイオードチップ55から放射されたレーザ光は、球レンズ53、光アイソレータ54及び球レンズ52を通過して光ファイバ51に入射する。球レンズ52、53は、それぞれシリコン基板11に形成されたレンズガイド用V字孔57、58にはめ込まれている。

【0092】また、開口部59、60が、第2の実施例と同様にそれぞれの底面の大きさがレンズガイド用V字孔57、58の開口面よりもやや大きくなるようにシリコン層13に形成されている。

【0093】光アイソレータ54は、基板10にダイシングソーにより形成された光アイソレータガイド溝61にはめ込まれている。ここで、光アイソレータ54の入射面及び出射面は基板10表面と垂直なまま光軸に対して所定の角度傾いて配置されている。

【0094】開口部59、60と光アイソレータガイド溝61との間には、レーザ光が通過する部分に光ビーム通過溝62、63が形成されている。光ビーム通過溝62、63は、開口部59、60及び光ファイバガイド用V溝56と同時にシリコン層13をエッチングすることにより形成される。

【0095】このとき、図9に示す第2の実施例の場合と同様に、開口部59、60、光ファイバガイド用V溝56及び光ビーム通過溝62、63の各接続部では、アンダーエッチングが生じるが、光学部品の位置決めには何ら支障はない。

【0096】このような構造にすることにより、小型の光アイソレータを挿入することができ、戻り光によりレーザダイオードの動作が不安定になることを抑制することができる。

【0097】さらに、本実施例の場合には、光軸に対して斜めに光アイソレータを挿入しているため、光アイソレータ自体からの反射も減衰され、レーザダイオードの動作をより安定にすることができる。

【0098】なお、シリコンの貼り合わせ基板を使用することによる効果は、第1の実施例の場合と同様である。図11は、本発明の第4の実施例による集積化光装置の製造工程の一部を示す。図2に示す第1の実施例による集積化光装置と同一の構成部分には同一の符号を付してある。

【0099】本実施例の特徴は、図2に示す第1の実施例による集積化光装置のキューブ型ハーフミラーガイド孔19の形成に、KOH水溶液による異方性エッチングではなく、ドライエッチング法を使用することである。

【0100】シリコン基板11表面に形成したSiO<sub>2</sub>膜65aをマスクとして、リアクティブイオンビームエッチング(RIBE)によりキューブ型ハーフミラーガ

イド孔19aを形成する(図11(A))。

【0101】ここで、RIBEは、基板を垂直方向にのみエッチングし、ほとんどサイドエッチングをしないため、キューブ型ハーフミラーガイド孔19aの側面は基板表面に対して垂直になる。

【0102】次に、SiO<sub>2</sub>膜65aを除去して、シリコン基板11の上面全面を熱酸化してSiO<sub>2</sub>膜65bを形成する。SiO<sub>2</sub>膜65bのレンズガイド用V字孔17a~17dを形成する部分に開口を設け、KOH水溶液でシリコン基板11をエッチングする(図11(B))。

【0103】次に、SiO<sub>2</sub>膜65bを除去し、図7(B)に示す基板貼り合わせ工程以降の工程を第1の実施例と同様に実施する。本実施例によると、キューブ型ハーフミラーガイド孔19aの側面が垂直になるため、キューブ型ハーフミラー18を取り付ける位置精度を向上することができる。以下に、その理由について説明する。

【0104】キューブ型ハーフミラー18は、上下左右方向の位置精度は要求されない。しかし、回転すると光ビームの反射角度が変動するため、回転方向については高精度に位置決めする必要がある。

【0105】キューブ型ハーフミラーガイド孔19aの底面には基板表面と同じ(100)面が現れるため、基板表面に平行な軸を中心とした回転方向については精度よく位置決めすることができる。

【0106】しかし、キューブ型ハーフミラーガイド孔19aの底面の大きさをキューブ型ハーフミラー18の底面よりもやや大きくした場合には、基板表面に垂直な軸を中心として回転する可能性がある。

【0107】本実施例の場合には、キューブ型ハーフミラーガイド孔19aの側面を垂直にしたことにより、図11(C)に示すように互いに直交する側面にキューブ型ハーフミラーの側面を押し当てることにより、回転方向の位置決めを行うことができる。

【0108】図12は、本発明の第5の実施例による集積化光装置の製造工程の一部を示す。本実施例の特徴は、図2に示す第1の実施例における開口部25の形成を、指向性の強いドライエッチング、例えばRIBE等で行うことである。以下に図12に従って製造方法について説明する。

【0109】第1の実施例と同様の工程で、図7(E)に示すようにSiO<sub>2</sub>膜14、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜15に開口40を形成する。ただし、光ファイバガイド用V溝を形成するための開口41は設けない。

【0110】次に、RIBEにより、シリコン層13をエッチングし開口部25cを形成する(図12(A))。このとき、SiO<sub>2</sub>膜12が、エッチング停止層として作用する。

【0111】SiO<sub>2</sub>膜14、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜15を残し

たまま、基板上面の全面を熱酸化する。このとき、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜 15 で覆われた部分は酸化されず、開口部 25 c の側面に現れたシリコン層 13 が酸化され、 $\text{SiO}_2$  膜 66 が形成される (図 12 (B))。

【0112】 $\text{SiO}_2$  膜 14、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜 15 に光ファイバガイド用 V 溝を形成するための開口を形成する。開口形成後、 $\text{KOH}$  水溶液でシリコン層 13 をエッチングし、光ファイバガイド用 V 溝 24 を形成する (図 12 (B))。

【0113】次に、開口部 25 c 及び光ファイバガイド用 V 溝 24 の底面に露出した  $\text{SiO}_2$  膜 12 を除去し、レンズガイド用 V 字孔 17 a ~ 17 b 及びキューブ型ハーフミラーガイド孔 19 を露出させる (図 12

(C))。このとき、開口部 25 c の側面に形成された  $\text{SiO}_2$  膜 66 も除去される。

【0114】本実施例では、開口部 25 c の側面が垂直になるため、図 3 に示す集積化光装置において、光ファイバ 23、レーザダイオードチップ 20 及び図には示されていないがフォトダイオードチップ 21、22 とそれぞれに対応した球レンズ 16 a ~ 16 d との距離を短くすることができる。このため、NA の大きいレンズの使用が可能になり、光結合効率を向上させることが可能になる。

【0115】図 13、図 14 (A)、(B) は、第 6 の実施例による集積化光装置を示す。集積化光装置の構成部分のうち図 9 に示す集積化光装置と同一の構成部分については、同一の符号を付してある。

【0116】本実施例の特徴は、図 9 に示す第 2 の実施例による集積化光装置の開口部 25 e をエッチングの指向性の高い RIBE 等のドライエッチングにより形成し、開口部 25 e の大きさをキューブ型ハーフミラーガイド孔 19 の底面よりも小さくすることを特徴とする。

【0117】次に、図 15 を参照して上記第 6 の実施例による集積化光装置の製造方法について説明する。第 1 の実施例と同様の方法で図 7 (C) に示す貼り合わせ基板を作製する。次に、シリコン層 13 の表面に熱酸化により  $\text{SiO}_2$  膜 14 を  $0.3\mu\text{m}$  形成する。次に、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜 15 を熱 CVD 法により  $0.5\mu\text{m}$  堆積する。

【0118】次に、 $\text{SiO}_2$  膜 14、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜 15 に、シリコン層 13 をエッチングし開口部 25 a ~ 25 e を形成するための開口をフォトリソグラフィにより形成する。

【0119】エッチングガスとして、 $\text{CF}_4$  と酸素プラズマのガスを使用してドライエッチングにより開口部 25 a ~ 25 e を形成する。このとき、 $\text{SiO}_2$  膜 12 がエッチング停止層として作用する。また、このエッチングは指向性のあるエッチングであるため、形成された開口部の側面は、基板表面に対してほぼ垂直になる (図 15 (A))。

【0120】次に、熱酸化により、開口部 25 a ~ 25

e の側面に  $\text{SiO}_2$  膜 66 a ~ 66 e を形成する (図 15 (B))。 $\text{SiO}_2$  膜 14、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜 15 に、光ビーム通過溝 42 a ~ 42 d、及び光ファイバガイド用 V 溝 24 を形成するための開口を設ける。

【0121】次に、 $\text{KOH}$  水溶液でウェットエッチングによりシリコン層 13 をエッチングし、光ビーム通過溝 42 a ~ 42 d、及び光ファイバガイド用 V 溝 24 を形成する (図 15 (C))。

【0122】次に、弗酸と弗化アンモニウム溶液の混合液を使用して、開口部 25 a ~ 25 e の側面に形成された  $\text{SiO}_2$  膜 66 a ~ 66 e、及び開口部 25 a ~ 25 e と光ファイバガイド用 V 溝 24 の底面に露出した  $\text{SiO}_2$  膜 12 を除去する (図 15 (D))。

【0123】次に、図 14 を参照して、第 6 の実施例による集積化光装置の効果を説明する。図 14 (A) は、集積化光装置の平面図、図 14 (B) は、直線 D で切断した断面を示す。

【0124】本実施例では、キューブ型ハーフミラーガイド孔 19 の底面は開口部 25 e よりも大きい。このため、キューブ型ハーフミラーガイド孔 19 は、キューブ型ハーフミラー 18 の上下方向及び基板表面に平行な軸を回転軸とした回転方向の位置決めのみを行う。

【0125】また、開口部 25 e の側面が基板表面に対して垂直になるため、この側面にキューブ型ハーフミラー 18 の側面を押し当てることにより、キューブ型ハーフミラーの基板表面に垂直な軸を回転軸とした回転方向及び基板表面内の位置決めを行うことができる。

【0126】このように、光ビームが通過するシリコン層 13 に形成された側面を使用してキューブ型ハーフミラー 18 の位置決めを行うため、位置決め精度を向上することができる。

【0127】図 16 は、本発明の第 6 の実施例の変形例 1 を示す。本実施例は、上記第 6 の実施例とは、開口部 25 e の大きさがキューブ型ハーフミラーガイド孔 19 の底面よりも大きい点が異なる。

【0128】この場合に、キューブ型ハーフミラー 18 a のキューブ型ハーフミラーガイド孔 19 に挿入される部分を小さくし、開口部 25 e にはめ込まれる部分を開口部 25 e とほぼ同じ大きさにすることにより、第 6 の実施例と同様の効果を得ることができる。

【0129】なお、キューブ型ハーフミラーガイド孔 19 をなくしてもよい。この場合には、キューブ型ハーフミラーは、開口部 25 e の底面に露出したシリコン基板 11 の表面と開口部 25 e の側面により位置決めされる。

【0130】図 17 は、第 6 の実施例の変形例 2 を示す。本実施例は、図 14 (A) に示す第 6 の実施例の開口部 25 a ~ 25 d を拡大して、開口部 25 e を取り囲むような開口部 25 f としたものである。

【0131】図 15 に示す第 6 の実施例においては、球

レンズを挿入するための開口部 25a~25dを、キューブ型ハーフミラーを位置決めするための開口部 25eと同様に R I B E等を使用してエッチングする方法について示した。

【0132】しかし、開口部 25a~25dは、球レンズを位置決めする必要はないため、K O H水溶液によるウェットエッチングを使用して光ファイバガイド用 V溝 24と同時に形成してもよい。

【0133】図 18は、本発明の第 7の実施例による集積化光装置を示す。図 18(A)は、光ファイバ 23の光軸を含む平面により切断した断面、図 18(B)は、光ファイバ 23を光軸に垂直な平面で切断した断面を示す。

【0134】本実施例の特徴は、図 3に示す第 1の実施例のシリコン層 13として、(110)面のシリコン層を使用することである。(110)面のシリコン層を K O H水溶液で選択的にウェットエッチングを行うと、エッチングされた孔の側面は基板表面に対して垂直になる。従って、光ファイバガイド用溝及び開口部 25の側面は、基板表面に対して垂直になる。

【0135】このため、光ファイバ 23を光ファイバガイド用溝にはめ込むと、光ファイバ 23は光ファイバガイド用溝 24aの底面に露出したシリコン基板 11の表面に接する。

【0136】図 18(B)に示すように、光ファイバガイド用溝の幅を光ファイバ直径と同等として光ファイバの横方向の位置決めを行う。このため、シリコン層 13は、光ファイバの半径分以上の厚さとするのが好ましい。

【0137】レーザダイオードチップ 20は、S i s N 4膜 15上にボンディングされているため、光ファイバのコアの位置よりも上に配置される。従って、レーザダイオードチップ 20の活性層と光ファイバ 23のコアの高さが一致しない。そのため、光軸の高さをシフトする必要がある。

【0138】本実施例では、光軸の高さをシフトするために、図 3に示す第 1の実施例による集積化光装置の球レンズ 16bとキューブ型ハーフミラー 18との間に平行平板光学部材 67を光軸に対して斜めに挿入している。

【0139】光ファイバガイド用溝 24a及び開口部 25の側面が基板表面に対して垂直であり、球レンズ 16bとキューブ型ハーフミラー 18との間に平行平板光学部材 67が挿入されていること以外は、図 3に示す第 1の実施例と同様の構成である。

【0140】平行平板光学部材 67は、ダイシングソーで形成された平行平板用ガイド溝 68により、位置決めされる。平行平板光学部材 67の光軸に対する傾き角は、平行平板光学部材 67の厚さ、平行平板用ガイド溝 68の深さ及び幅により決定することができる。

【0141】本実施例では、開口部 25の側面が基板表面に対して垂直であるため、レーザダイオードチップと球レンズ、フォトダイオードチップと球レンズの距離を短くすることができる。その結果、N Aの大きいレンズの使用が可能になり、光結合効率を向上することが可能になる。

【0142】また、シリコン層 13に形成する開口部を、図 13に示す第 6の実施例のように開口部 25a~25eに 5分割、または図 17に示す第 6の実施例の他の例のように開口部 25e、25fに 2分割することにより、開口部 25eの側面でキューブ型ハーフミラー 18の基板表面に垂直な回転軸のまわりの回転方向の位置決めを行うことができる。

【0143】特に、本実施例の場合には、シリコン層 13に形成する開口部を、指向性の高いドライエッチングではなくウェットエッチングを使用して形成することができるという利点がある。このため、エッチングの処理時間を短くすることが可能になる。

【0144】さらに、平行平板光学部材 67に、光アイソレータを使用すると、反射光を除去することも可能になる。以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、K O H水溶液の代わりにエチレンジアミン溶液を用いてウェットエッチングを行ってもよい。その他、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

【0145】

【発明の効果】本発明によれば、光軸調整をする必要がなく、光結合効率が高い集積化光装置を、短時間に製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の概念を説明するための集積化光装置の断面図である。

【図 2】本発明の第 1の実施例による集積化光装置の斜視図である。

【図 3】本発明の第 1の実施例による集積化光装置の断面図である。

【図 4】本発明の第 1の実施例による集積化光装置の機能を説明するための概略図である。

【図 5】本発明の第 1の実施例の変形例 1による集積化光装置の断面図である。

【図 6】本発明の第 1の実施例の変形例 2による集積化光装置の平面図である。

【図 7】本発明の第 1の実施例による集積化光装置の製造方法を説明するための集積化光装置の断面図及び平面図である。

【図 8】本発明の第 1の実施例による集積化光装置の製造方法を説明するための集積化光装置の断面図及び平面図である。

【図 9】本発明の第 2の実施例による集積化光装置の平

面図である。

【図 10】本発明の第 3 の実施例による集積化光装置の平面図である。

【図 11】本発明の第 4 の実施例による集積化光装置の製造方法を説明するための集積化光装置の断面図である。

【図 12】本発明の第 5 の実施例による集積化光装置の製造方法を説明するための集積化光装置の断面図である。

【図 13】本発明の第 6 の実施例による集積化光装置の斜視図である。

【図 14】本発明の第 6 の実施例による集積化光装置の平面図及び断面図である。

【図 15】本発明の第 6 の実施例による集積化光装置の製造方法を説明するための集積化光装置の断面図である。

【図 16】本発明の第 6 の実施例の変形例 1 による集積化光装置の斜視図である。

【図 17】本発明の第 6 の実施例の変形例 2 による集積化光装置の平面図である。

【図 18】本発明の第 7 の実施例による集積化光装置の断面図である。

【図 19】従来例による光装置の断面図である。

【図 20】従来例による集積化光装置の斜視図である。

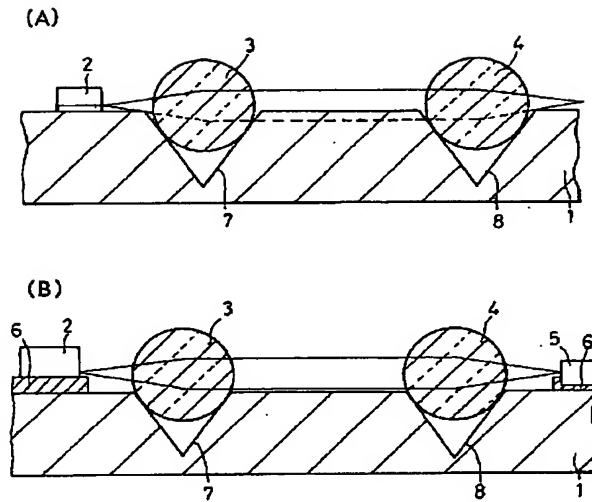
【符号の説明】

1、120 シリコン基板  
 2、20、55、103、122 レーザダイオードチップ  
 3、4、16a、16b、16c、16d、52、53 球レンズ  
 5、23、51、110 光ファイバ  
 6 貼り合わせシリコン基板  
 7、8、17a、17b、17c、17d、57、58 レンズガイド用 V 字孔  
 10 光学部品搭載基板  
 11 (100) シリコン基板

12、14、65a、65b、66、66a～66e SiO<sub>2</sub> 膜  
 13 (100) シリコン層  
 15 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 膜  
 18、18a キューブ型ハーフミラー  
 19、19a キューブ型ハーフミラーガイド孔  
 21、22 エッジ入射型フォトダイオードチップ  
 24、56 光ファイバガイド用 V 溝  
 24a 光ファイバガイド用溝  
 25、25a、25b、25c、25d、25e、25f、25g、59、60 開口部  
 26、54 光アイソレータ  
 27、61 光アイソレータガイド溝  
 30 レーザダイオード駆動用 IC  
 31 レーザパワーモニタ用プリアンプ IC  
 32 光受信用プリアンプ IC  
 33 パワーコントロール用 IC  
 34、35、36、37 ボンディングパッド  
 38、39 配線  
 40、41 開口  
 42a～42d、62、63 光ビーム通過溝  
 50、100 基板  
 67 平行平板光学部材  
 68 平行平板用ガイド溝  
 101 サブキャリア  
 102 ヒートシンク  
 104、107 レンズホルダ  
 105、108 レンズ  
 106 光学部品  
 109 光軸  
 111 光ファイバホルダ  
 121、124 レンズ  
 123、125 フォトダイオードチップ  
 126 フィルタ型プリズム  
 127、128 レンズガイド孔  
 129、130 レーザ光通過溝

【図 1】

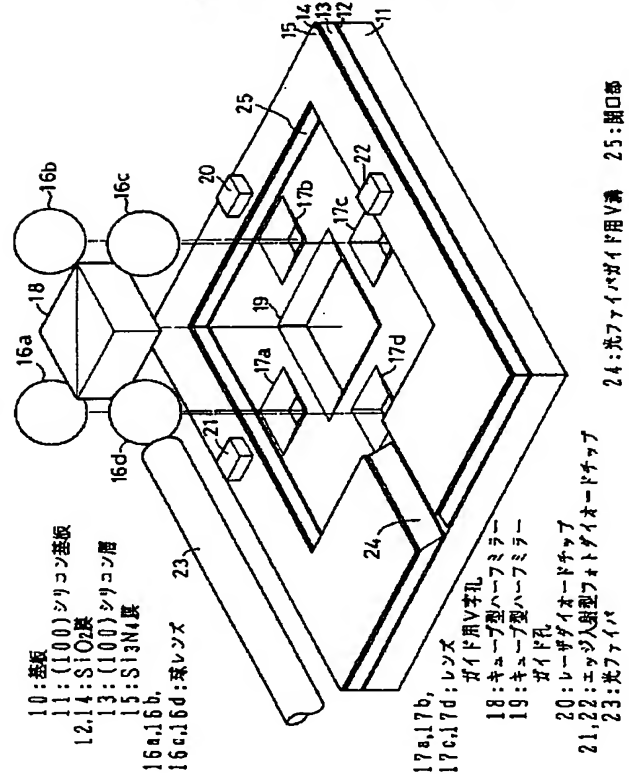
本発明の概念



- 1: シリコン基板  
2: レーザダイオードチップ  
3, 4: 球レンズ  
5: 光ファイバ  
6: 貼り合わせシリコン基板  
7, 8: レンズガイド用V字孔

【図 2】

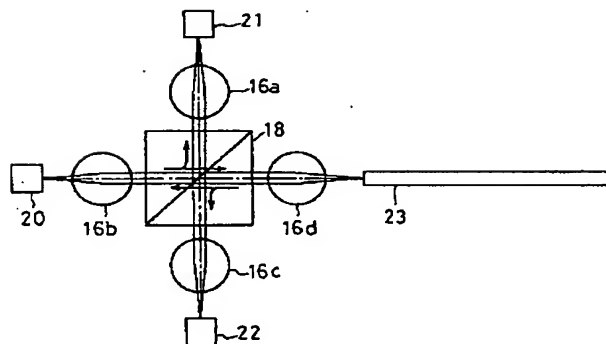
第 1 の実施例による集積化光装置



- 10: 基板  
11: (100)シリコン基板  
12, 14: SiO<sub>2</sub>膜  
13: (100)シリコン層  
15: Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜  
16a, 16b, 16c, 16d: 球レンズ  
17a, 17b, 17c, 17d: レンズ  
18: キューブ型ハーフミラー  
19: キューブ型ハーフミラー  
20: レーザダイオードチップ  
21, 22: エッジ入射型フォトダイオードチップ  
23: 光ファイバ  
24: 光ファイバガイド用V溝  
25: 開口部

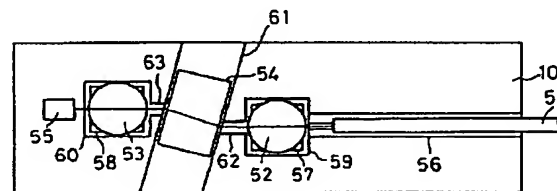
【図 4】

第 1 の実施例による集積化光装置



【図 10】

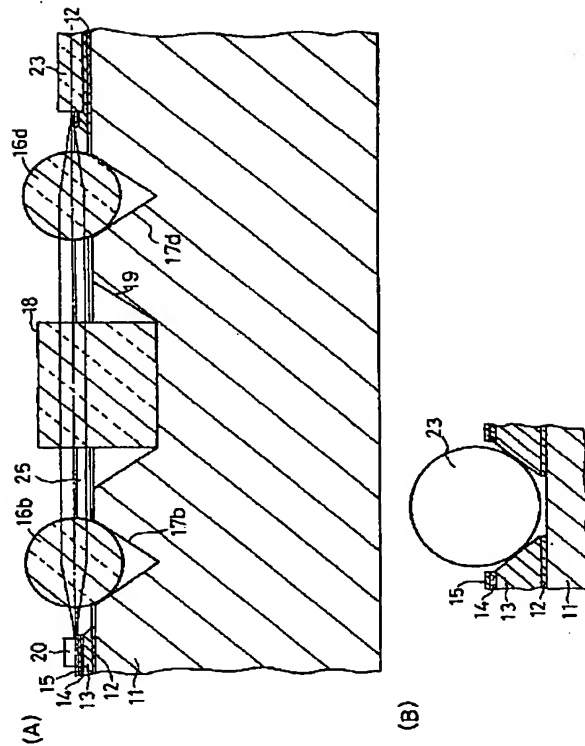
第 3 の実施例



- 51: 光ファイバ  
52, 53: 球レンズ  
54: 光アイソレータ  
55: レーザダイオードチップ  
56: 光ファイバガイド用V溝  
57, 58: レンズガイド用V字孔  
59, 60: 開口部  
61: 光アイソレータガイド溝  
62, 63: 光ビーム通過溝

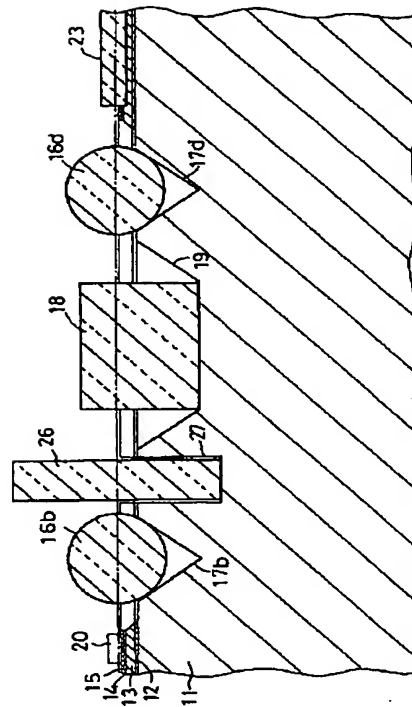
【図 3】

第 1 の実施例による集積化光装置



【図 5】

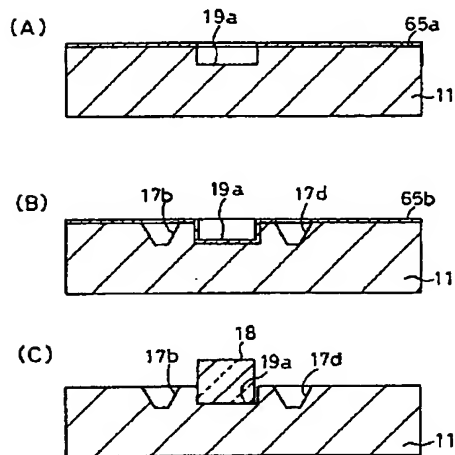
第 1 の実施例の変形例 1



25: 光アイソレータ  
27: 光アイソレータガイド溝

【図 11】

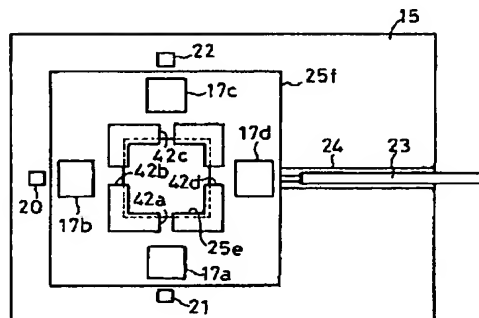
第 4 の実施例



19a: キューブ型ハーフミラーガイド孔  
65a, 65b: SiO<sub>2</sub>膜

【図 17】

第 5 の実施例の変形例 2

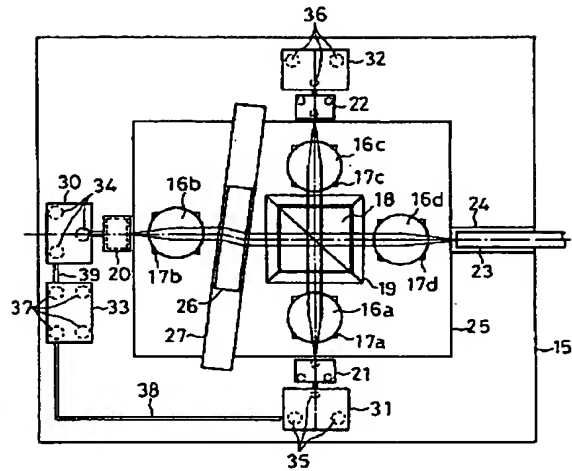


25e, 25f: 開口部



【図 6】

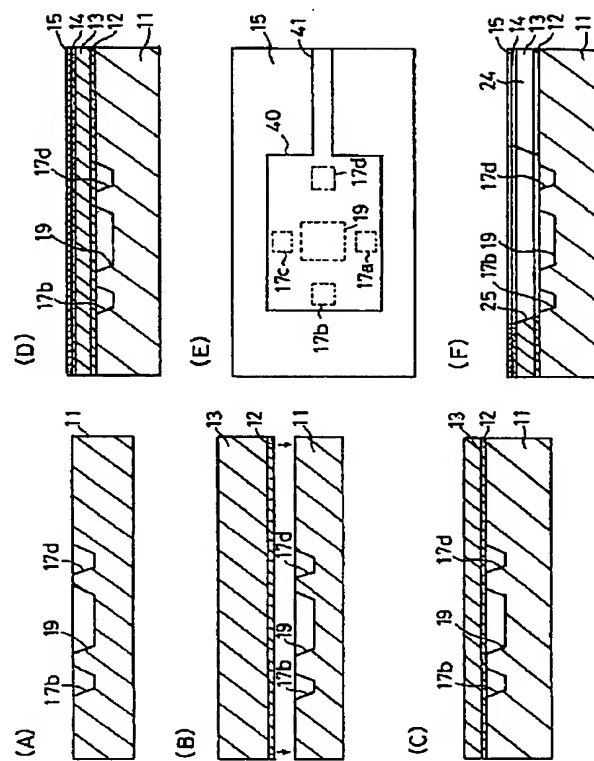
第 1 の実施例の変形例 2



30: レーザダイオード駆動用 IC  
 31: レーザパワーモニタ用プリアンプ IC  
 32: 光受信用プリアンプ IC  
 33: パワーコントロール用 IC  
 34, 35, 36, 37: ボンディングパッド  
 38, 39: 配線

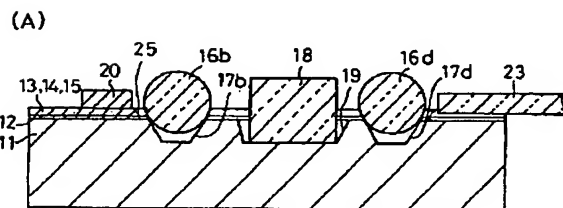
【図 7】

第 1 の実施例

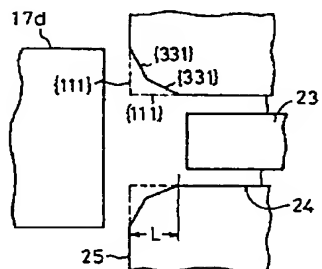


【図 8】

第 1 の実施例

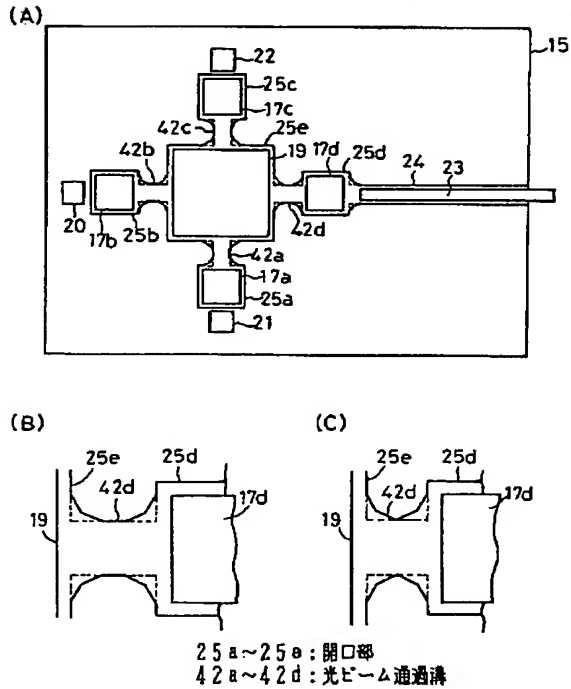


(B)



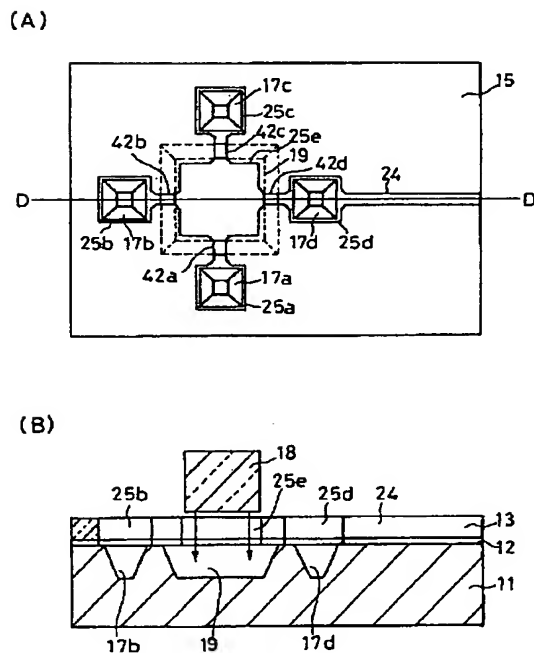
【図 9】

第 2 の実施例による集積化光装置



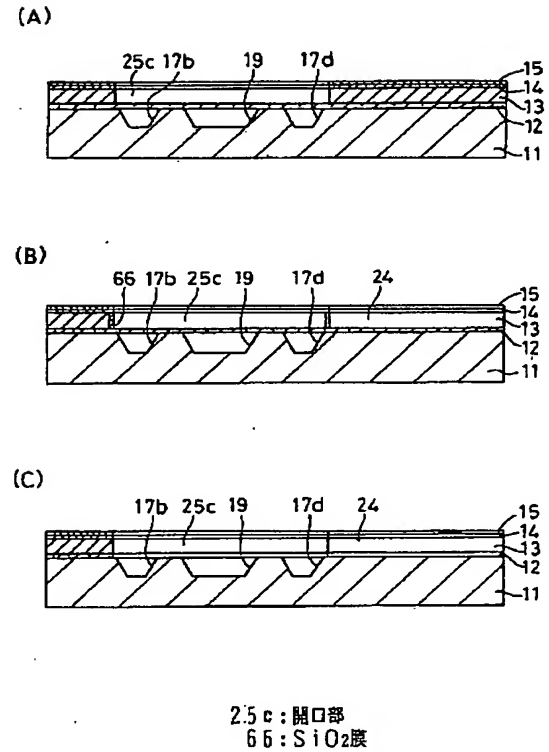
【図 14】

第 6 の実施例



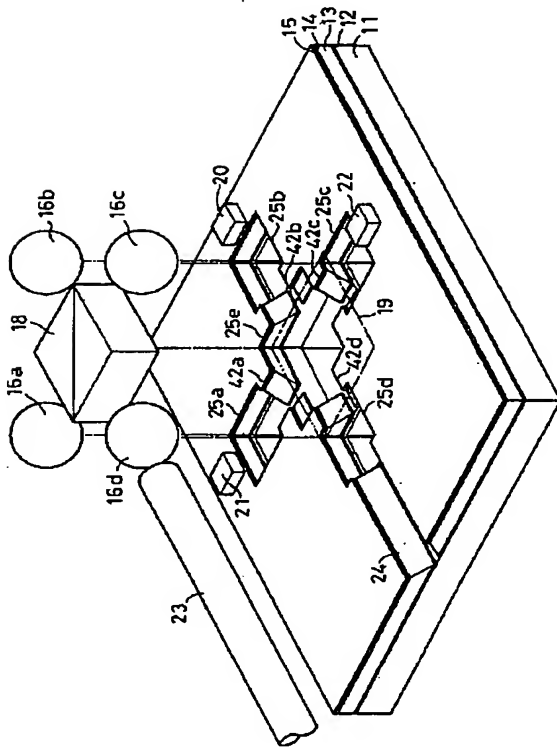
【図 12】

第 5 の実施例



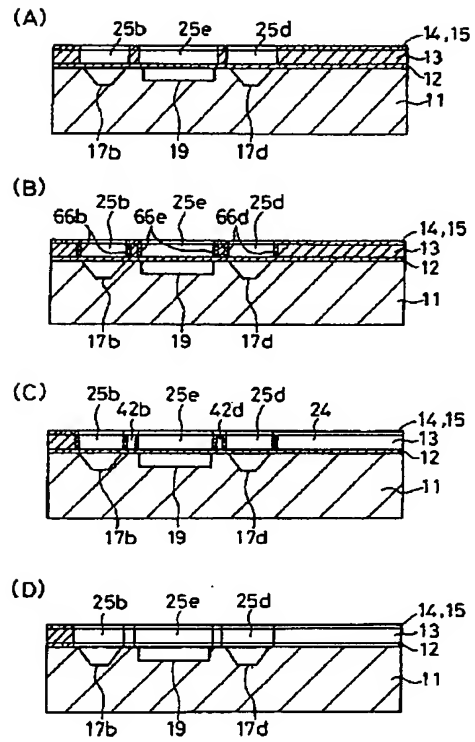
【図13】

第6の実施例



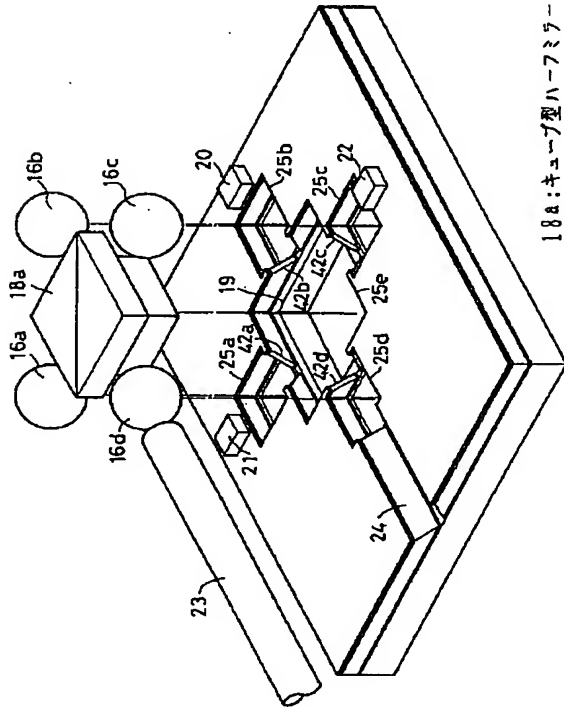
【図15】

第6の実施例

66a~66e: SiO<sub>2</sub>膜

【図 16】

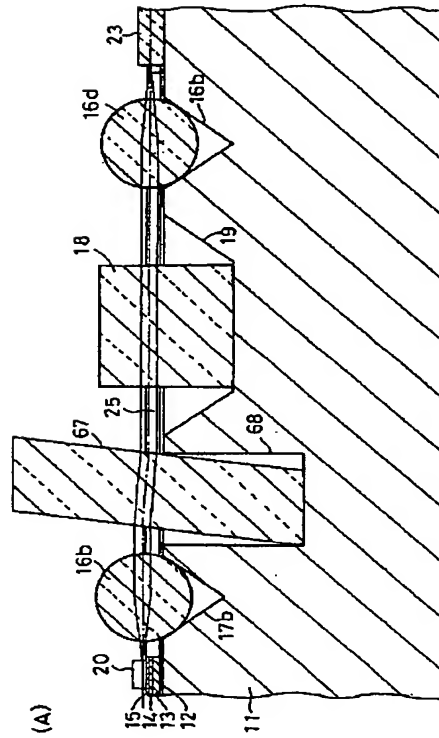
第 6 の実施例の変形例 1



18a: キューブ型ハーフミラー

【図 18】

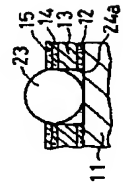
第 7 の実施例による集積化光装置



(A)

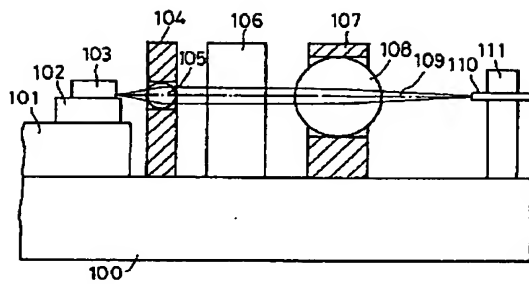
(B)

24a: 光ファイバガイド用溝



【図 19】

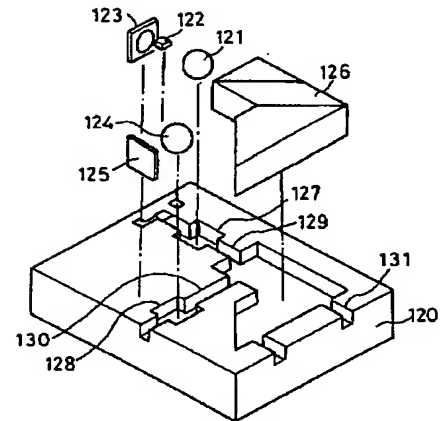
従来例



100: 基板  
 101: サブキャリア  
 102: ヒートシンク  
 103: レーザダイオードチップ  
 104, 107: レンズホルダ  
 105, 108: レンズ  
 106: 光導品  
 109: 光軸  
 110: 光ファイバ  
 111: 光ファイバホルダ

【図 20】

従来例



120: シリコン基板  
 121, 124: レンズ  
 122: レーザダイオードチップ  
 123, 125: フォトダイオードチップ  
 126: フィルタ型プリズム  
 127, 128: レンズガイド孔  
 129, 130: レーザ光通過溝

フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 31/12

33/00

H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

Z 7210-4M

M